



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

20 MARS 2003

Fait à Paris, le .....

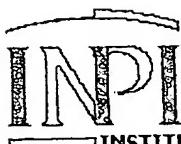
Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE', is placed over a horizontal line.

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26bis, rue de Saint-Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01 42 94 86 54

0300368

# BREVET D'INVENTION

## CONFIRMATION

Code de la propriété intellectuelle-livreVI

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: 10 - 01 . 2003

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL:

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: 95

DATE DE DÉPÔT:

10 JAN. 2003

Christian, Norbert, Marie SCHMIT  
Cabinet Christian SCHMIT et Associés  
8, place du Ponceau  
95000 CERGY  
France

Vos références pour ce dossier: 10778FR

#### 1 NATURE DE LA DEMANDE

Demande de brevet

#### 2 TITRE DE L'INVENTION

PROCÉDÉ DE RÉGLAGE DU DÉBIT DE RAYONNEMENT D'UN TUBE À RAYONS X

#### 3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE

Pays ou organisation Date N°

#### 4-1 DEMANDEUR

Nom	GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY COMPANY, LLC
Rue	3000 North Grandview Boulevard
Code postal et ville	53188 Waukesha, Wisconsin
Pays	Etats-Unis d'Amérique
Nationalité	Etats-Unis d'Amérique
Forme juridique	Société anonyme

#### 5A MANDATAIRE

Nom	SCHMIT
Prénom	Christian, Norbert, Marie
Qualité	CPI: 92 1225
Cabinet ou Société	Cabinet Christian SCHMIT et Associés
Rue	8, place du Ponceau
Code postal et ville	95000 CERGY
N° de téléphone	01 30 73 84 14
N° de télécopie	01 30 73 84 49
Courrier électronique	info@schmit-associes.com

#### 6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS

	Fichier électronique	Pages	Détails
Description	desc.pdf	9	
Revendications	V	2	5
Dessins	V	2	4 fig., 1 ex.
Abrégé	V	1	
Figure d'abrégé	V	1	fig. 1; 2 ex.
Désignation d'inventeurs			
Listage des séquences, PDF			
Rapport de recherche			

#### 7 MODE DE PAIEMENT

Mode de paiement	Virement bancaire
Remboursement à effectuer sur le compte n°	27 69

## Procédé de réglage du débit de rayonnement d'un tube à rayons X

La présente invention a pour objet un procédé de réglage du débit de rayonnement d'un tube à rayons X. Le but de l'invention est de permettre de 5 réaliser des images radiographiques, notamment dans le domaine médical, dans lequel des conditions d'obtention des images sont bien mieux maîtrisées que dans l'état de la technique.

Le fonctionnement d'un tube à rayons X est dicté par la haute tension appliquée entre une anode et une cathode de ce tube, ainsi que par le 10 courant électrique de chauffage avec lequel on porte un filament de la cathode à haute température. Le principe de l'émission des rayons X consiste à extraire les électrons de la cathode et à les projeter à grande vitesse sur l'anode. La cible de l'anode qui est frappée par ces électrons émet alors des rayons X utilisables pour produire des clichés 15 radiographiques, ou plus généralement des images radiologiques. La haute tension appliquée est en relation directe avec l'énergie des photons X émis.

Compte tenu de l'homogénéité du matériau cible de l'anode, des variations de la haute tension d'alimentation pendant le cliché, ainsi que du phénomène statistique de production des rayons X, ceux-ci sont émis avec 20 un spectre large. Il est connu de les filtrer à l'aide de filtres interposés sur le cheminement du rayonnement, avant que celui-ci n'atteigne le corps à irradier.

La nature des rayons X, leur énergie, dépend du type d'image à effectuer. Certains tissus à imager interposés, notamment les tissus du corps 25 humain, présentent en effet des coefficients d'absorption radiologique différents pour différentes énergies de photons X. Il est donc connu qu'un praticien, dans le cadre d'un examen radiologique, impose la valeur de la haute tension.

Un autre paramètre qui intervient dans la qualité d'une image à 30 produire, est le débit en rayons X du tube. En effet, la révélation sur un détecteur est un phénomène énergétique cumulatif quoique non linéaire. On conçoit que plus le débit est élevé, plus la dose moyenne à injecter va être obtenue rapidement. Notamment pour les examens de type cardiaque pour lesquels une telle rapidité est nécessaire, on comprend qu'il est 35 indispensable de maîtriser la quantité de photons émise par unités de temps.

2 en fonction du courant de chauffage, et d'ordre 1 en fonction de la haute tension. Dans la pratique, pour que cette calibration soit simple, on a exprimé non pas la valeur du courant de tube mais plutôt la valeur du logarithme népérien de la valeur du courant de tube. On peut montrer alors que cette 5 calibration conduit à une erreur de 3 % de l'estimation du courant de tube produit. Cette erreur est bien inférieure à la tolérance de 10 % demandée. En outre, on pourra montrer que l'expression polynomiale ainsi élaborée se prête particulièrement bien pour tenir compte des disparités de fabrication des tubes d'un même type ou, pour chaque tube, pour tenir compte des 10 conséquences de son propre vieillissement. On montrera en effet que la correction à appliquer, durant toute la vie du tube, est particulièrement simple à calculer et permet en l'appliquant de conserver pendant toute la durée de vie du tube l'erreur de 3 %, bien inférieure aux spécifications demandées.

L'invention a donc pour objet un procédé de réglage du débit de 15 rayonnement  $I_{tube}$  d'un tube à rayons X dans lequel

- on calibre le débit de rayonnement du tube en fonction d'une haute tension V à appliquer entre une cathode active et une anode du tube à rayons X et en fonction d'un courant de chauffage  $I_{ch}$  de la cathode active,
- on alimente en haute tension une anode du tube par rapport à une 20 cathode de ce tube,
- on règle un courant de chauffage de la cathode pour un débit de rayonnement attendu en fonction de cette calibration,
- caractérisé en ce que
- pour calibrer, on retient pour exprimer le débit de rayonnement X une 25 expression dans laquelle le logarithme de la valeur de ce débit est une fonction polynomiale d'ordre deux du courant de chauffage et d'ordre un de la haute tension.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont présentées 30 qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

- Figure 1 : la représentation d'une installation à rayons X et les principaux moyens mis en œuvre pour régler le courant de tube selon le procédé de l'invention ;
- Figure 2 : une représentation schématique d'une méthode employée 35 pour déterminer les coefficients de l'expression analytique de l'invention ;

également en relation avec une interface 14 d'entrée sortie capable d'appliquer au tube 1 un courant de chauffage  $I_{ch}$  réel et une haute tension V et de recevoir les valeurs de courant de tube  $I_{tube}$  mesurées. L'interface 14 est par ailleurs en relation avec un dispositif 15 de commande, à la disposition d'un praticien ou d'un expérimentateur. Avec ce dispositif 15, ce dernier fixe la haute tension V, le courant de tube  $I_{tube}$  qu'il souhaite obtenir, et d'autre part la durée de la pose qu'il veut réaliser pour le corps 3.

Selon l'invention, l'ensemble des résultats de calibration est mémorisé dans une première zone 16 de la partie 8 de la mémoire 9. On extrait ensuite, selon ce qui a été indiqué ci-dessus, la fonction de transfert qui permet d'obtenir le logarithme népérien,  $\ln$ , de la valeur du courant de tube en fonction d'une expression polynomiale d'ordre 2 du courant de chauffage et d'ordre 1 du logarithme de la haute tension. Cette expression polynomiale est donnée par la formule 1 suivante :

15 Formule 1  $\ln(I_{tube}) = a I_{ch}^2 \ln(V) + b I_{ch}^2 + c I_{ch} \ln(V) + d I_{ch} + e \ln(V) + f$

Si on retient des autres logarithmes que le logarithme népérien,  $\ln$ , les coefficients a à f seront seulement changés en valeurs, mais le principe de l'invention demeure.

L'établissement de cette formule, selon l'invention, a été recherché en faisant intervenir dans l'expression polynomiale progressivement un certain nombre de facteurs et en calculant, lorsque seuls ces facteurs étaient impliqués, l'erreur maximale enregistrée entre une valeur analytique calculée par cette formule et une valeur mesurée quelconque disponible en zone 16. Par exemple, figure 2, lorsque seul le courant de chauffage i et le logarithme de la haute tension v sont impliqués, l'erreur maximale est de l'ordre de 79 % alors que l'écart type est de l'ordre de 26 %. Si par contre on fait intervenir, en plus de la valeur i du courant et de la valeur du logarithme de la tension v, la valeur  $i^2$  du carré du courant de chauffage, l'erreur maximale tombe à 14 % alors que l'écart type tombe à 5 %. On a ainsi fait intervenir d'autres degrés des variables i et v. Il est alors apparu que devenait particulièrement intéressante la prise en considération comme quatrième facteur du carré du courant de chauffage multiplié par le logarithme de la tension, et, comme cinquième facteur, un facteur multiplicatif du courant par le logarithme de la tension. Une constante ajoutée forme un ensemble de six coefficients : a, b, c, d, e et f dont les valeurs sont données dans le tableau 1 suivant :

mémoire programme 12 possède dans le programme 13 un sous programme 17 par lequel la calibration, la recherche des valeurs des coefficients a à f, correspondant aux données mémorisées dans la zone 16 de la mémoire 9, est entreprise. Le sous programme 17 est un sous programme de régression 5 de type classique permettant de calculer les coefficients a à f à partir du lot des expériences de calibration mémorisées en zone 16.

Par opposition, dans une installation utilisable sur site, le programme 13 pourra n'être muni que d'un sous programme 18, exploitant les coefficients a à f trouvés, et exprimant une fonction de transfert g utile pour 10 déterminer un courant de chauffage  $I_{ch}$  à partir d'une valeur d'un courant de tube  $I_{tube}$  et d'une haute tension V imposées par un praticien avec l'interface de commande 15. En définitive, le sous programme 18 permet de retrouver la valeur du courant de chauffage qui correspond, selon la figure 4, aux 15 valeurs  $V_0$  et  $I_0$  imposées. L'unité de traitement 10 applique ensuite des commandes correspondantes au tube 1. Dans un exemple particulièrement simple, la fonction g du sous programme 18 pourrait comporter une recherche itérative, entre deux valeurs limitées de la valeur de chauffage qui convient le mieux selon la formule 1 pour obtenir un courant de tube  $I_0$  avec une tolérance acceptée et prévue d'avance.

20 La mémoire 9 comporte donc une autre zone 19 dans laquelle sont mémorisées les valeurs des coefficients a à f, pour chacune des cathodes utilisées dans le tube 1.

Il apparaît cependant, d'un tube à l'autre, où pour un même tube du fait de son utilisation et de son vieillissement, qu'il se produit une altération 25 de la correspondance estimée par la formule 1. Le fonctionnement du tube peut ainsi se dégrader et la calibration faite au départ peut ne plus être aussi rigoureusement exacte. Deux solutions s'offrent alors pour remédier à ce problème. Soit la calibration peut être recommandée, notamment tube par tube, de manière à charger la zone 16 de la mémoire 9 avec un autre 30 ensemble de valeurs expérimentales. Dans ce cas, on relance le sous programme 17 pour calculer des nouveaux coefficients a à f convenables.

Selon une autre solution, particulièrement préférée, on s'est rendu compte que la représentation choisie était propice à une grande simplification. En effet, on a considéré qu'il suffisait de changer la valeur du 35 courant de chauffage  $I_{ch}$  réel à appliquer, en fonction d'une valeur du courant

Bien entendu, ce qui vaut pour le vieillissement des tubes vaut également pour les disparités de fabrication pour un même type de tube. Aussi, en sortie d'usine, on peut se contenter d'imposer, dans la mémoire des dispositifs de commande des tubes d'un même type, des valeurs pour  
5 une zone 19 de la mémoire 9 qui auront été mesurées sur un tube témoin, par exemple le premier ou quelques-uns parmi les premiers de la série. La partie 22 de la mémoire 20 qui comporte les coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  comporte à titre de coefficients courants, au départ, les valeurs 1 et 0. Ces valeurs  $\alpha$  et  $\beta$  sont ensuite remplacées par les valeurs courantes calculées  
10 régulièrement par la régression.

expériences de calibration, des mesures du courant de tube  $I_{tube}$ , du courant de chauffage  $I_{ch}$ , et de la haute tension appliquée  $V$ , et

- en pratiquant une régression pour déterminer des coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  avec lesquels on exprime un courant de chauffage  $I_{ch}réel$  à appliquer au tube
- 5 sous la forme :  $I_{ch}réel = \alpha \cdot I_{ch}calib + \beta$ , forme dans laquelle  $I_{ch}calib$  est la valeur du courant de chauffage tel qu'il ressort de la calibration.

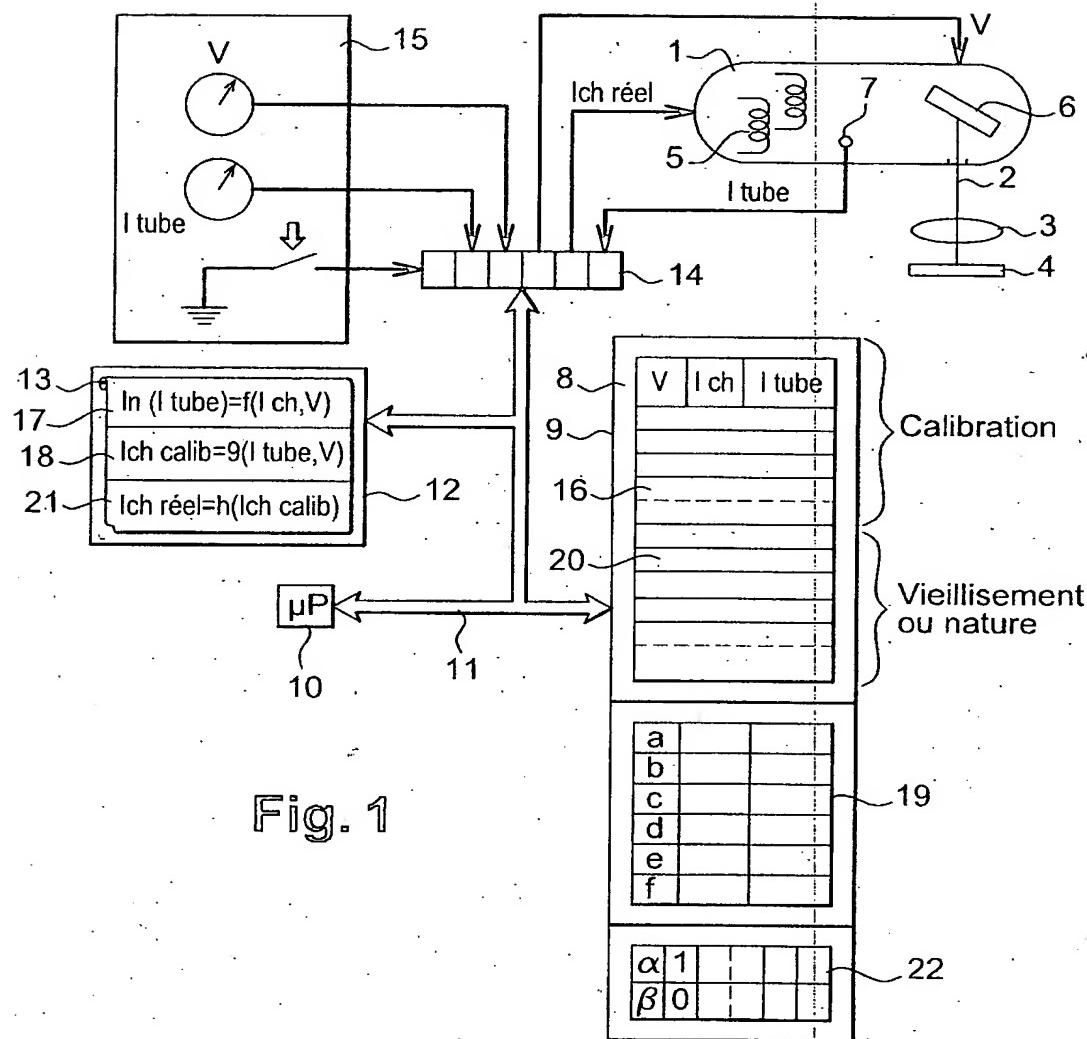
5 - Procédé selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que

- on corrige la calibration d'un tube particulier en fonction du vieillissement de ce tube particulier

- 10 - en relevant pour ce tube particulier, au cours d'utilisations ultérieures, des mesures du courant de tube  $I_{tube}$ , du courant de chauffage  $I_{ch}$ , et de la haute tension appliquée  $V$ , et

- en pratiquant une régression pour déterminer des coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  avec lesquels on exprime le courant de chauffage  $I_{ch}réel$  à appliquer au tube
- 15 sous la forme :  $I_{ch}réel = \alpha \cdot I_{ch}calib + \beta$ , forme dans laquelle  $I_{ch}calib$  est la valeur du courant de chauffage tel qu'il ressort de la calibration.

1 / 2

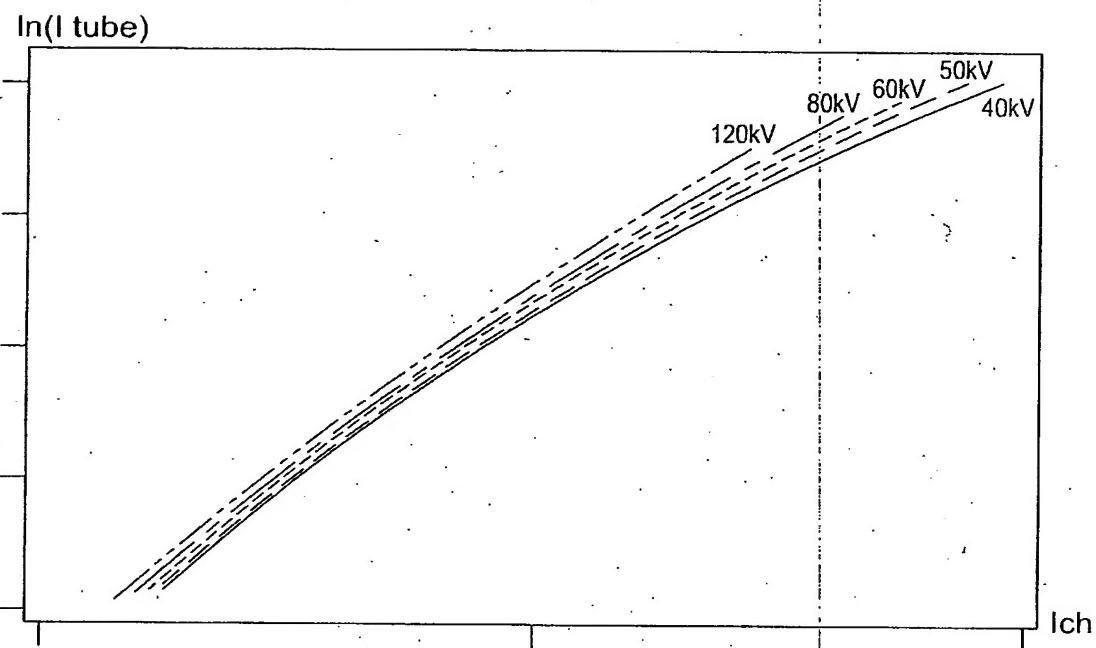
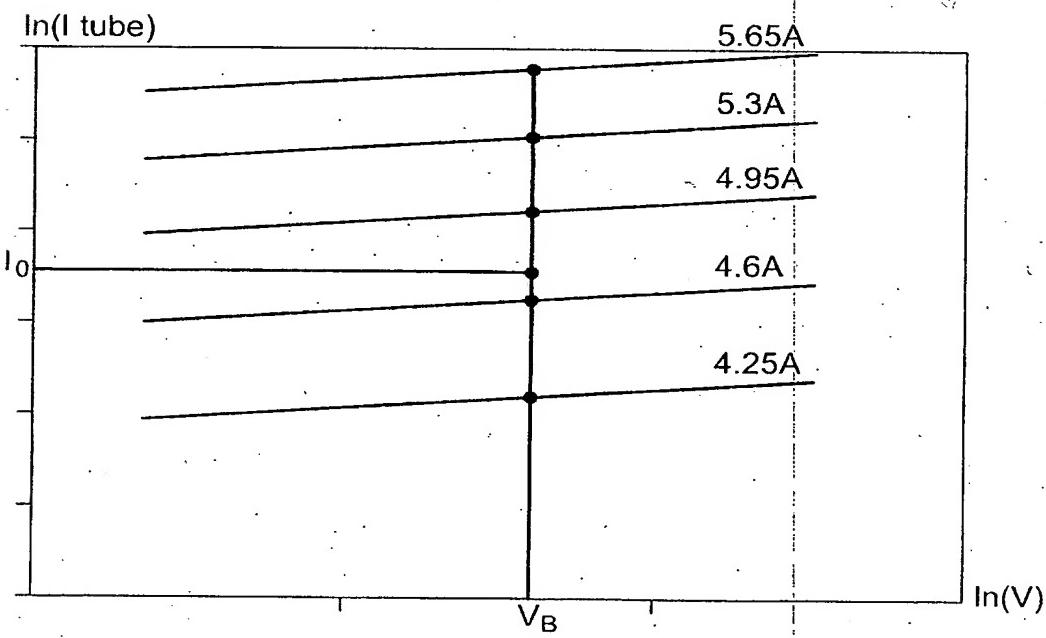


**Fig. 1**

Fact				S ( $\sigma$ )	Max err
i	v			<b>0.2641</b>	0.79
i	v	$v^2$		0.2678	0.75
i	v	i.v		0.2220	0.48
i	v	$i^2$		<b>0.0551</b>	0.14
i	v	$i^2$	$v^2$	0.0517	0.12
i	v	$i^2$	i.v	0.0424	0.11
i	v	$i^2$	$i^2.v$	<b>0.0399</b>	<b>0.10</b>
i	v	$i^2$	$i^3$	<b>0.0378</b>	<b>0.08</b>
i	v	$i^2$	$i^2.v$	0.0370	0.08
i	v	$i^2$	$i^3$	0.0287	0.04
i	v	$i^2$	$i^2.v$	0.0274	0.04
i	v	$i^2$	$i^2.v$	<b>0.0161</b>	<b>0.03</b>
i	v	$i^2$	$i^2.v$	0.0151	0.03
i	v	$i^2$	$i^2.v$	0.0148	0.03
i	v	$i^2$	$i^3$		

Fig. 2

2 / 2

**Fig. 3****Fig. 4**

